ANNALEN

DER

CHEMIE UND PHARMACIE.

LXXX. Bandes erstes Heft.

Ueber die electricische Beschaffenheit der Flamme; von *H. Buff.*

Das Auftreten freier Electricität in der Flamme ist zuerst von Alexander Volta bei der Verbrennung von Holzkohle und mit Hülfe des von ihm erfundenen Condensators beobachtet worden. Mehrere Physiker nach ihm konnten indess diese Electricität nicht wieder finden, oder die Resultate, zu welchen sie gelangten, waren doch zweifelhaft, indem sie unter scheinbar gleichen Umständen bald positive, bald negative Electricität erhielten. Pouillet (Pogg. Ann. XI, 419) glaubt diese Widersprüche aus dem Umstande erklären zu können, dafs bei Anstellung der Versuche der brennende Körper von dem verbrannten häufig nicht mit der Sorge getrennt worden sey, welche er für unerläßlich hält, um gleichartige Resultate zu erzielen. Er selbst findet bei gehöriger Beachtung dieser Regel die verbrennende Kohle stets negativ electricisch und die von ihr aufsteigende Kohlensäure positiv. Ebenso findet er die Umgebung der Wasserstoffflamme positiv, das Innere negativ electricisch, und spricht als allgemeines Ergebnifs seiner Versuche den Satz aus: dafs bei der Verbrennung die sich verbindenden Sauerstofftheilchen positive Electricität entwickeln, welche sich den benach-

barten, noch nicht verbundenen Theilchen mittheilt, und dafs dagegen der brennbare Körper negative Electricität entwickelt, die gleichfalls allen brennbaren Theilchen in der Umgebung mitgetheilt wird. Nach Becquerel (Pogg. Ann. XI, 437), der schon vor Pouillet den electricischen Zustand der Weingeist- und der Wasserstofflamme untersucht hat (Pogg. Ann. II, 237), ist der chemische Vorgang der Verbrennung nicht die einzige Ursache der hierbei auftretenden Electricität. Um diese nämlich durch Zuführung zu dem Condensator wahrnehmbar zu machen, können geeignete Ableiter nicht entbehrt werden. Becquerel bemerkte nun, dafs die ableitenden Metalldrähte oder Streifen, je nachdem ihre Temperatur durch Eintauchen in die Flamme mehr oder weniger erhöht ist, negative oder positive Electricität annehmen und der Flamme die entgegengesetzte ertheilen. Wurden zwei Metallstreifen so in die Flamme gehalten, dafs der eine zum Rothglühen kam, der andere aber sich weniger stark erhitzte, so nahm dieser positive Electricität und gab dem ersteren die negative. Becquerel schlofs hieraus, dafs die Flamme eine electromotorische Thätigkeit auf die damit in Berührung kommenden Körper ausübe und dafs davon hauptsächlich das beobachtete electricische Verhalten herrühre. Diese Ansicht hat neuerdings Hankel (Pogg. Ann. LXXXI, 213) dadurch zu widerlegen gesucht, dafs er, um die unmittelbare Einwirkung der Metalle möglichst zu vermeiden, Weingeist in einer Porcellanschale entzündete und die Ableitung der Flüssigkeit sowohl, wie die der davon sich erhebenden Flamme, durch befeuchtetes Papier bewerkstelligte. Obschon er auf diese Weise den Condensator zu laden vermochte, so beweist doch dieser Versuch nichts gegen die von Becquerel ausgesprochene thermoelectricische Hypothese. ⁴Die erhaltene Electricität konnte möglicherweise von einer electromotorischen Einwirkung des Wassers oder Weingeistes auf die leitenden Bestandtheile der Flamme abstammen. Ueberdies äufsern Wasser und Weingeist an der

Berührungsstelle eine wechselseitige electriche Thätigkeit, wobei das Wasser positiv und der Weingeist negativ electricch wird.

Einen bedeutenden electricchen Gegensatz in der Flamme beobachtete Hankel in der Richtung von oben nach unten. Um denselben nachzuweisen, verband er eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit der untern Condensatorplatte, während ein in der Flamme isolirt aufgestelltes Platinblech (oder Platindraht oder anderes Metall) mit der oberen Condensatorplatte verbunden wurde. Diese letztere erhielt dann negative Electricität, entsprechend einer electromotorischen Kraft, welche eine Bewegung des electricchen Fluidums in der Richtung von der Spitze zur Wurzel der Flamme hervorzubringen sucht. Hankel hat diese Electricität um eine Galvanometernadel geleitet, indem er das eine Ende des Multiplicatordrahts mit dem Metall der Lampe, das andere mit dem in die Flamme getauchten Platinblech verband. Er erhielt auf diese Weise ziemlich bedeutende Ablenkungen der von ihm benutzten, allerdings sehr empfindlichen Magnetenadel. Auch gelang es ihm, durch Einschaltung einer Zinkkupferkette in den Kreis des durch die Flamme geleiteten Stroms, die electromotorische Kraft desselben annähernd zu bestimmen. So fand er z. B., dafs bei einer frei brennenden Spiritusflamme, durch Einschaltung Eines Zinkkupferelementes in den Kreis des Flammenstroms, dessen Richtung nicht umgekehrt werden konnte; diefs geschah aber, als zwei Elemente eingeschaltet wurden.

Aus dieser ziemlich bedeutenden electromotorischen Kraft, welche unter günstigen Umständen in der Flamme auftreten kann, erklärt sich eine ältere, von Thomas Andrews gemachte Erfahrung (Pogg. Ann. XLIII, 310), dafs electriche Ströme in der Richtung von oben nach unten leichter als in der Richtung von unten nach oben durch die Flamme gehen. Andrews dachte wohl an einen in der Flamme vorgehenden electromotorischen Procefs; allein da es ihm bei den damaligen noch wenig vervollkommeneten electrometrischen Hilfsmitteln nicht

gelang, die Wirkungen desselben unabhängig von denjenigen der eingeschalteten Hydrokette zu erkennen, so hielt er jene für zu gering, um Erscheinungen, wie die oben erwähnte, herbeiführen zu können. (A. a. O. 319).

Fasst man die über die electriche Beziehungen der Flamme bis jetzt bekannt gewordenen Erfahrungen zusammen, so sieht man, daß ungeachtet eines ziemlich großen angehäuften Materials an Thatsachen, doch die Angaben verschiedener Physiker zu sehr von einander abweichen, um eine deutliche Vorstellung von den electriche Vorgängen in der Flamme geben zu können. Becquerel findet electriche Gegensätze in der Flamme nach allen Richtungen, abhängig von der Temperaturverschiedenheit der eingetauchten Metalle. Pouillet gestattet nur eine Bewegung der Electricität in der Richtung von Innen nach Außen, also von der Basis zur Spitze der Flamme. Nach Hankel aber ist diese Bewegungsrichtung, wenigstens in der Spiritusflamme gerade die entgegengesetzte und unabhängig von der Temperatur der eingetauchten Leiter.

Um diese Widersprüche zu lösen, schien es mir nothwendig, vorerst die etwa vorhandenen electriche Beziehungen der Metalle zu ganz gleichartigen Gasmassen, die durch Erwärmen leitend geworden sind, kennen zu lernen.

Zwei schmale Platinstreifen, wohl isolirt, wurden in geneigter Lage in ein am obern Ende zugeschmolzenes Glasrohr geschoben, das man mittelst einer großen Spirituslampe möglichst stark erhitze. Die 1,5 Linien dicke Luftschicht zwischen den Streifen konnte auf diese Weise nicht hinreichend erhitzt werden, um Electricität von geringer Spannung (welche von einer Kette von zwei Daniell'schen Paaren abstammte) merklich zu leiten. Erst als das weich gewordene Glas mit beiden Streifen in Berührung gekommen war, entstand sogleich eine starke Ablenkung der Multiplicatornadel, die aber wieder aufhörte, sobald die Berührung des Platins mit den heißen Glas-

wänden unterbrochen wurde. Als man Wasserstoffgas oder Wasserdampf in das Glasrohr einfuhrte, war der Erfolg kein anderer.

Ebensowenig gelang es, diese Gase leitend zu machen, als man sie in langsamem Strome durch ein zwei Fufs langes, sechs Linien weites Porcellanrohr ziehen liefs, das mit glühenden Kohlen fast der ganzen Länge nach umgeben, nahe bis zum Weissglühen erhitzt worden war. Die eingesenkten Platindrähte, deren Abstand von einander weniger als eine Linie betrug, glühten hell roth. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, dafs die eingefuhrten Gase dieselbe hohe Temperatur angenommen hatten, da es bekanntlich sehr schwer fällt, die Luft selbst in glühenden eisernen Röhren über 400° zu erhitzen.

Um einigermafsen ein Urtheil über die Temperaturhöhe zu haben, bei welcher die Luft leitend wird, legte ich ein Metallgewebe quer durch die Flamme einer Spirituslampe und hielt die beiden schmalen Platinstreifen, parallel nebeneinander und durch eine Gasschicht von nur 1 Linie Dicke getrennt, so darüber, dafs der durch das Metallgewebe ausgelöschte Gasstrom zwischen ihnen durchziehen mufste. Nahe über den Streifen befand sich ein kleines Glasbehälter mit Quecksilber. Dieses begann zu siedern, ohne dafs ein Uebergang der Electricität merklich wurde.

Das bei diesen Versuchen benutzte Galvanometer besitzt eine sehr grofse Empfindlichkeit. Wenn zwei Personen, deren leitende Verbindung nur durch das Holz des Fufsbodens vermittelt ist, die Enden des Multiplicatordrahts mit verschiedenen Metallen berühren, so zeigt sich sogleich ein Ausschlag von mehreren Graden. Durch die electromotorische Kraft von zwei Daniell'schen Paaren wurde in dieser so unvollkommen geschlossenen Kette ein Ausschlag von 25° bewirkt. Verknüpfte man das eine Drahtende mit einem Gewitterableiter, dessen eiserne Ableitung in feuchter Erde liegt, und berührte dann das

andere Drahtende mit einem Metallstücke, das man in der Hand hielt, so entstand eine Ablenkung von 10 bis 12°, in dem einen oder andern Sinn, je nachdem man das Drahtende mit Platin oder Zink berührt hatte.

Luft, Wasserstoff, Kohlensäure, Wasserdampf, bei 1 Linie dicker Schicht und bei Temperaturen unter 400°, leiten demnach ohne Vergleich schlechter als der lufttrockne Fußboden eines Zimmers.

Wurden die beiden kleinen Platinstreifen in derselben Lage wie bei den vorhererwähnten Versuchen, aber nach Beseitigung des Metallgewebes, dem unmittelbaren Einflusse der von der Flamme aufsteigenden heißen Luft ausgesetzt, so zeigten sich die ersten Spuren eines Uebergangs der Electricität, als die Blättchen in 3 Zoll Abstand über der äußersten Spitze der Spiritusflamme sichtbar zu glühen angingen. Die Stärke des Stroms nahm allmählig zu, je mehr die Flamme (einer gewöhnlichen Berzelius'schen Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge) den Platinblättchen genähert wurde, und erreichte nahe unter der Spitze des leuchtenden Flammenkegels ihr Maximum. Bei der stärksten Entwicklung der Flamme, wobei die Blättchen (11 Lin. lang, 3 Lin. hoch) ihrer ganzen Länge nach fast weißglühend wurden, entstand eine bleibende Ablenkung der Nadel von 75°.

Bei allen diesen Versuchen war Sorge getragen worden, die Platinstreifen so zu stellen, daß sie möglichst einerlei Temperatur annehmen mußten. Gleichwohl zeigten sich öfter auch nach Ausschluß der beiden Daniell'schen Paare Spuren electricer Ströme. Die Stärke dieser durch die Flamme selbst erzeugten Ströme liefs sich vermehren, wenn die Streifen mit horizontal gerichteter Fläche, der eine über den andern gestellt wurden, so daß sie sich nothwendig ungleich erhitzen mußten. Der Flammenstrom ging dann immer von dem stärkerglühenden durch die trennende Gasschicht zu dem weniger glühenden.

Wurden Platindrähte von sehr ungleicher Dicke in die Flamme gehalten, so daß der eine augenscheinlich stärker glühend werden mußte als der andere, so entstand auch in diesem Falle ein mehr oder weniger starker Strom von dem glühenderen zu dem weniger glühenden.

Da es mir nicht gelungen war, das Verhalten der Drähte in erhitzter Gasmasse getrennt von der Flamme prüfen zu können, so suchte ich diesem Zwecke auf folgende Weise wenigstens möglichst nahe zu kommen.

In der Mitte der durch doppelten Luftzug genährten Spiritusflamme bemerkt man einen, von einer schwach leuchtenden blauen Hülle eingefassten kegelförmigen Raum, dessen Basis durch die Fläche des Zuglochs in der Mitte der Lampe gegeben ist. Dieser Raum enthält atmosphärische Luft, noch unverändert hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit, aber da sie von der Flamme eingeschlossen ist, schon stark erhitzt. In diesen heißen Luftkegel wurden zwei gerade, isolirte Platindrähte, nahe nebeneinander, doch ohne sich zu berühren, von unten eingeschoben, so daß sie von dem blauen Saume um etwa $1\frac{1}{2}$ Linien entfernt blieben. Sie wurden in dieser Stellung nicht sichtbar glühend; doch zeigte die zwischen ihnen befindliche Luftschicht eine geringe Fähigkeit, Electricität durchzulassen. Ein Annähern gegen den blauen Saum, so daß sie zum Glühen kamen, bewirkte eine bedeutende Zunahme der Leitfähigkeit, die nun durch mehrere Grade Ablenkung der Nadel ausgedrückt wurde.

Rückte man den einen Draht bis an die Gränze des blauen Saumes, während der andere entfernter blieb und folglich nicht gleich stark erhitzt werden konnte, so wurde die Nadel auch nach Entfernung der beiden Daniell'schen Paare um 1 bis 2° abgelenkt, entsprechend einem Strome, der vom stärker zum weniger stark erhitzten Drahte ging und dessen Richtung und Intensität man durch geeignete Stellung der Drähte ganz in der Gewalt hatte.

Das Zugloch der Lampe wurde nun verstopft. Der Raum im Innern der Flamme mußte sich dadurch anstatt mit Luft, mit Weingeistdämpfen, oder theilweise den Zersetzungsproducten derselben anfüllen. Platindrähte wurden wie vorher eingeführt, jedoch von der leitenden Masse des Korkstöpsels durch Glasröhren sorgfältig isolirt. So lange die Drähte von dem leuchtenden Saume der Flamme um mehrere Linien entfernt blieben, zeigte sich keine Spur von Leitung. Wenn sie aber dem leuchtenden Theile nahe kamen, oder in denselben eindrangen und dadurch selbst zum Glühen gebracht wurden, so traten ganz ähnliche Erscheinungen ein wie vorher. Bei ungleicher Erwärmung ging auch jetzt ein Strom von dem wärmeren zu dem weniger warmen Drahte.

Die Flamme der Berzelius'schen Lampe bildet bekanntlich, wenn das Zugloch verstopft ist, einen fast regelmässigen Kegel, dessen Gestalt in einem geschlossenen Raume und entfernt von Zug lange Zeit ganz unverändert erhalten werden kann. Ihr innerer dunkler Kern ist von einer leuchtenden und diese wieder von einer bei Tage kaum wahrnehmbaren blauen Hülle eingefasst. Die letztere, der eigentliche Herd der Verbrennung, ist von erhitzter, noch unverbrannter atmosphärischer Luft umgeben.

Zwei wagerecht zwischen Glasstreifen befestigte Platindrähte wurden jeder am einen Ende so aufgebogen, daß die aufgebogenen Stücke der Neigung des Flammenkegels parallel liefen. So war es möglich, sie dem äußeren Rande der Flamme, beliebig nahe zu rücken, ohne daß einzelne Stellen früher als die andern eindrangen, oder auch sie von dem einen oder andern Theile der Flamme ausschließlich umspielen zu lassen. Befanden sich nun beide Drähte ganz außerhalb der Flamme oder beide im blauen Saume, oder waren beide in den inneren dunkeln Kern getaucht, doch so gestellt, daß der eine stärker als der andere erhitzt werden mußte, so ging stets ein electriche Strom vom wärmeren zum weniger warmen.

Ich betrachte hiernach als erwiesen, daß Luft und andere Gase, wenn sie erwärmt und dadurch leitend geworden sind, die in sie eingetauchten Körper electricisch erregen. Die Gase schlossen sich also in dieser Beziehung ganz dem Verhalten an, welches von allen übrigen Leitern der Electricität längst bekannt ist. In der That, wenn zwei Metalldrähte oder andere Leiter, die nach der einen Seite leitend verbunden sind, mit den andern Endpunkten in ein hinlänglich erhitztes Gas tauchen, so entsteht dadurch ein geschlossener Kreis von Leitern. Wird nun die eine Berührungsstelle des Gases stärker erhitzt als die andere, so muß sich ein thermoelectrischer Strom entwickeln.

In der Flamme findet sich aber noch eine andere Quelle der Electricitätserregung. Bei den zuletzt erwähnten Versuchen waren die aufwärts gebogenen Drähte gleichzeitig immer von gleichartiger Gasmasse umgeben. In dem folgenden Versuche wurde nur der eine Draht gegen den äußeren Umfang gerückt, den andern schob man entweder in den innern dunkeln Kern, so daß er von diesem überall umschlossen wurde, mit Ausnahme einer einzigen, dem Dochte nahe liegenden Stelle, wo nur geringe Hitze herrscht, oder man ersetzte ihn durch einen geraden Draht, welcher durch den das Zugloch schließenden Stöpsel in den dunkeln Raum eingeführt wurde. Es entstand sogleich ein Strom von Innen nach Außen, dessen Richtung sich nicht änderte, als der äußere Draht bis an die Gränze des blauen Saums gelangte und dadurch hell roth glühend wurde, während der innere Draht nur schwach glühete. Liefs man aber den äußeren tiefer eindringen, bis er bei fortdauernder heller Gluth den leuchtenden Theil der Flamme ganz oder auch nur theilweise erreichte, so sprang die Richtung des Stromes um.

Es ist augenscheinlich, daß beim ersten Theile dieses Versuchs die thermoelectrische Wirksamkeit zwischen Metall und Gas durch eine andere electricische Erregung aufgehoben worden war, welche an der Gränze zwischen Flamme und Luft ihren

Sitz hat und wodurch der äufsere Umfang der ersteren positiv, das Innere hingegen negativ electricisch wird.

Das Galvanometer ist wenig geeignet, die Stärke dieser Erregung unter verschiedenen Umständen zu prüfen, theils wegen mangelnder Empfindlichkeit, theils weil bei jeder veränderten Stellung der Drähte auch der Leitungswiderstand ein anderer wird. Mit Hülfe des Condensators und Electrometers überzeugt man sich aber leicht, dafs die electromotorische Kraft um so gröfser wird, je höher die Glühhitze des inneren Drahts und je niedriger die Temperatur des äufseren. Der äufsere Draht kann an der Basis der Flamme, oder auch an der Seite oder über derselben aufgestellt werden. Die Art des Erfolgs bleibt immer dieselbe. Die electricische Ladung wird aber durch die höhere Stellung begünstigt, weil die Leitfähigkeit in der Richtung des Zugs am gröfsten ist.

Die vorstehenden Thatsachen lassen einsehen, warum verschiedene Beobachter, welche sich mit dem electricischen Zustande der Flamme beschäftigt haben, je nach der Art wie sie ihre Einrichtung getroffen, zu Resultaten gelangen konnten, die scheinbar einander widersprechen. War ein Draht oder Streifen ganz in das Innere der Flamme getaucht worden und hatte er überdiets eine hohe Temperatur angenommen, so ging die Richtung der electricischen Bewegung regelmäfsig zu dem andern Drahte, mochte dieser nun zur Seite der Flamme oder über derselben befindlich, oder in den oberen Theilen selbst quer durchgelegt seyn, mochte er stärker oder weniger stark glühen. Waren dagegen die Drähte mehr mit den äufseren Theilen der Flamme in Berührung gekommen, oder hatte man beide quer durchgelegt, so dafs die electromotorische Wirkung der entwickelten brennbaren Gase auf die Luft wenig oder gar nicht zur Geltung kommen konnte, so hing die Richtung der electricischen Bewegung hauptsächlich von dem Temperaturunterschiede der eingetauchten Leiter ab. Waren z. B. beide Streifen oder

Drähte von ungleicher Dicke, so mußte der Strom in der Regel von dem dünneren, der leichter glühend wurde, zum dickeren gehen. Wird aber dieser zuerst eingetaucht und mit dem einen Ende des Multiplicatordrahts in Verbindung gesetzt und führt man dann erst den dünneren, der mit dem andern Ende des Multiplicatordrahts zusammenhängt, in die Flamme, so entdeckt man im ersten Augenblicke gewöhnlich eine Schwingung der Nadel im Sinne eines Stroms vom zuerst eingetauchten zum später eingetauchten. Dieser Strom schlägt jedoch nach wenigen Secunden um, sobald der dünnere Draht eine höhere Glüh-temperatur angenommen hat.

Metall-Lampen, die man mit der Erde verbindet, spielen die Rolle von Ableitern des inneren Theils der Flamme. Daher findet man, daß Metallstreifen oder andere Leiter, z. B. nasses Holz und selbst die befeuchtete Hand, über die Flamme einer Oellampe oder des aus einem Metallrohr ausströmenden Wasserstoffs gehalten, positive Electricität aufnehmen, während negative durch die Masse der Lampe in den Boden entweicht. Auf dasselbe Verhalten sollte man bei der Spirituslampe schließen. Aber die Richtung der electrischen Bewegung ist bei dieser gerade die umgekehrte, d. h. der über die Flamme gehaltene Draht oder andere Leiter wird selbst dann, wenn er eine ganz niedrige Temperatur besitzt, negativ electrisch, die Masse der Lampe positiv. (Hankel in Pogg. Ann. Bd. LXXXI, S. 221).

Man bemerkt ganz dasselbe Verhalten, wenn, anstatt die Masse der Lampe zur Ableitung zu benutzen, ein Platindraht in den Docht gedrückt wird. Hebt man aber diesen Draht nur so weit, daß er außer Berührung mit dem Docht kommt, oder berührt er letzteren auch an einzelnen Stellen, bleibt jedoch heiß genug, um sich nicht mehr mit Weingeist benetzen zu können, so verschwindet jene Abweichung von der Regel, die also, wie man sieht, nur davon abhängt, daß die directe

Berührung zwischen Metall und Gas durch Dazwischenlagerung des Weingeistes gehindert ist.

Den electromotorischen Gegensatz zwischen den Bestandtheilen der Flamme betrachtet Pouillet, wie schon beim Eingange dieses Aufsatzes erwähnt wurde, als ein unmittelbares Resultat der Verbrennung, wobei die Verbrennungsproducte positive Electricität, der noch nicht verbrannte Theil des Brennstoffs negative aufnehmen. Als eine Hauptstütze dieser Annahme hebt Pouillet das electricische Verhalten der brennenden Kohle hervor. Ebenso verhält sich aber auch brennender Wasserstoff, brennendes Oel und, wie wir gesehen haben, selbst die Spirituslampe. Es scheint demnach in der That ein, wenigstens für kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Körper geltendes Gesetz zu seyn, dafs während ihrer Verbrennung auf der Seite der Luft positive, auf der Seite des Brennstoffs negative Electricität entwickelt wird.

Steht aber diese electricische Zersetzung wirklich in unbedingter Abhängigkeit zum chemischen Vorgange der Verbrennung, oder verleiht dieser nur die nöthige Wärme, um die Gase leitend zu machen?

Wenn man eine Spirituslampe oder Oellampe gut isolirt, in die innere Flamme derselben einen Platindraht taucht, der die obere Platte des Condensators berührt, dann die untere Condensatorplatte ableitet, so erhält man nach einiger Zeit eine, je nach der Güte der Isolirung mehr oder weniger starke Ladung, wobei die obere Platte negative Electricität aufnimmt. *Es ist hiernach nicht zu bezweifeln, dafs die Flamme, sobald ihr innerer Theil zur Erde abgeleitet ist, positive Electricität in die Luft ausstreut.* Die Ladung bewerkstelligte sich übrigens äufserst langsam. Man konnte sie ungemein beschleunigen, sobald ein anderer Platindraht oder sonstiger Leiter, der mit der untern Condensatorplatte in leitender Verbindung stand, über die Flamme gehalten wurde.

Führte der im Innern der Flamme stehende isolirte Draht zum einen Ende des Multiplicators, während der andere Ausläufer desselben zur Erde abgeleitet (mit dem Gewitterableiter verbunden) war, so blieb die Nadel unbeweglich. Der durch die Windungen laufende Strom war offenbar zu schwach, um hier eine Wirkung hervorbringen zu können. So wie man aber einen beliebigen Leiter nahe über die Flamme hielt, zeigte sich Ablenkung im Sinne eines in der Flamme aufsteigenden Stroms. Wählt man als Leiter über der Flamme eine geräumige, Wasser enthaltende Platinschaale, die, auf einer beliebigen Stütze ruhend, mit dem andern Ende des Multiplicatordrahts direct verbunden wird, so läßt sich der entwickelte Strom selbst mit weniger empfindlichen Galvanometern wahrnehmen.

Da demnach die Stärke des Flammenstroms bei gleicher Entwicklung des chemischen Processes und gleicher Ableitung des innern Theils der Flamme, von der Güte der über derselben angebrachten Ableitung sehr wesentlich abhängig ist, so muß man vermuthen, daß sie mit der Bildung und Fortführung der Kohlensäure nur in einem untergeordneten Zusammenhange stehe.

Um den electricischen Gegensatz der brennenden Kohle wahrzunehmen, empfiehlt Pouillet, aus einem Stück Kohle von ziemlich großem Durchmesser einen Cylinder mit fast ebenen Grundflächen zu schneiden, und diesen senkrecht unter eine isolirte, mit der einen Condensatorplatte leitend verbundene Messingplatte zu stellen. Wird dann die Kohle mit der andern Condensatorplatte, oder werden beide mit der Erde in Verbindung gesetzt und die obere Fläche der Kohle angezündet, so nimmt der Condensator in wenigen Augenblicken eine Ladung an. Es galt in diesem Falle die Electricität der aufsteigenden Kohlensäure zu sammeln. Um das Fluidum zu erhalten, welches die Kohle selbst bei der Verbrennung annimmt, soll man sie mit ihrer unteren Basis geradezu auf die Platte des Condensators

setzen, ihre obere Basis anzünden und die untere Condensatorplatte ableitend berühren.

Bei der ersten Anordnung hat man eine Art geschlossene Kette, vermittelt durch die warme Gasschicht zwischen der glühenden Kohle und der Messingplatte. Bei der zweiten Einrichtung mußte die positive Electricität in die Atmosphäre übertreten. In diesem Falle war aber die Ladung merklich schwieriger und nur dadurch zu bewerkstelligen, daß man durch mäßiges Zublasen von Luft die Kohle zum Flammen brachte, so daß sich die bekannte, der Wirksamkeit der Spitzen ähnliche Kraft der Flamme geltend machen konnte. Brannte die Oberfläche der Kohle ohne Flamme, so nahm der Condensator, so lange man auch warten mochte, keine Ladung an, wenn nicht ein Metallstreifen nahe über die entzündete Stelle gehalten und dadurch eine Ableitung bewirkt wurde.

Wird Kohle, die nicht entzündet ist, über die Spiritusflamme gehalten, so verhält sie sich zu einem in die Flamme getauchten Platindraht, wie in gleicher Lage jeder andere wenig erwärmte Leiter. Kommt sie aber allmählig zum Glühen, oder wird ein Kohlenstück, das am einen Ende bereits glühend ist, in die Flamme gebracht, so zeigt sich gerade die umgekehrte Richtung der electricischen Bewegung, selbst wenn der Platindraht ebenfalls hell roth glüht. Doch nimmt bei wachsender Temperatur des Platins die electricische Spannung ab.

Zwei Kohlenstücke, von welchen das eine gar nicht, oder weniger glühend ist als das andere, in der Flamme einander gegenübergestellt, verhalten sich wie unter gleichen Umständen zwei Platinstücke.

Auch das Verhalten der Kohle scheint somit darauf hinzuweisen, daß die positive Electricität nicht als ein Product der Oxydation mit der Kohlensäure fortgeführt, sondern nur durch Leitung, in dem Sinne wie bei einer geschlossenen electricischen Kette in Bewegung gesetzt wird.

Hat man einen geschlossenen Kreis von Leitern gebildet, in welchen heiße Luft eingeht, z. B. Platin, Kohle, Luft, Platin, und hat die Berührungsstelle von Luft zu Kohle eine hohe Temperatur angenommen, so entsteht eine electricische Bewegung von Kohle zu Luft. Ist bei ähnlicher Anordnung, die Kohle durch Wasserstoff oder Weingeistdampf ersetzt, so geht der Strom von diesen Gasen zur Luft. Hat dagegen die Berührungsstelle des Platins mit Luft eine sehr hohe Temperatur angenommen, so ist ein Streben da, die positive Electricität vom Platin zur Luft zu treiben.

Noch viele andere Körper besitzen die Eigenschaft, in der Luft erhitzt negativ electricisch zu werden, während die sie berührende Luft positive Electricität annimmt. Ich habe in dieser Beziehung noch das Silber, Kupfer, Messing und Zink genauer, und zwar auf dem oben für das Platin beschriebenen Wege, untersucht. Einige von diesen Körpern verbrennen, ohne daß wie bei der Kohle gasförmige Producte aufsteigen; Platin und Silber oxydiren gar nicht. Dennoch zeigen alle diese Körper zu heißer Luft ein gleichartiges electricisches Verhalten. D. h. zwei Stücke des einen oder andern in der heißen Luft einander gegenübergestellt, erregen, ähnlich wie zwei Stücke Platin oder Kohle unter gleicher Beziehung, eine electricische Bewegung vom stärker erhitzten zum kühleren.

Es ist allerdings auffallend, daß diese verschiedenen Körper, wenn ihre Berührungsstelle mit Luft eine hohe Temperatur angenommen hat, negativ electricisch werden, da man doch nach den bekannten Gesetzen der Berührungselectricität, den Sauerstoff als das äußerste negative Ende der electricischen Reihe betrachten muß. Dieser Widerspruch hebt sich jedoch, wenn man die Thatsache erwägt: daß eine, wenn auch nur unvollkommen geschlossene Kette von Leitern, wesentliches Erforderniß ist, um jene electricischen Gegensätze wahrnehmen zu können, und wenn man damit die Hypothese verbindet, daß durch Erhitzen

16 *Buff, über die electriche Beschaffenheit der Flamme.*

der Berührungsstelle von Luft zu einem andern Körper, deren wechselseitige electromotorische Thätigkeit nicht gesteigert, sondern vermindert wird. Der Strom ist dann eine Folge des Uebergewichts an der kühl erhaltenen Berührungsstelle, und folgt somit ganz der durch die Spannungsreihe ausgedrückten Regel.

Aus den vorstehenden experimentellen Untersuchungen ergeben sich die folgenden Erfahrungssätze :

1) Gasförmige Körper, wenn sie durch starke Erhitzung leitend geworden sind, besitzen die Fähigkeit, andere sie berührende Leiter, sowohl feste wie gasförmige Körper electriche zu erregen.

2) Wird eine thermoelectriche Kette gebildet aus Luft mit Wasserstoff, oder Kohlenwasserstoff, Weingeistdampf, Kohle oder endlich einem Metalle, sey es verbrennbar oder nicht, so entsteht ein electriche Strom, der sich in der Richtung von der heißesten Berührungsstelle durch die Luft zur weniger heißen bewegt.

3) Die Electricitätsentwicklungen, welche man bei Verbrennungsprocessen und namentlich in der Flamme wahrgenommen hat, beruhen auf thermoelectriche Erregungen und stehen mit dem chemischen Vorgange der Verbrennung in keiner unmittelbaren Beziehung.

4) Die Verbrennungsproducte stehen daher keineswegs, in dem Sinne wie es Pouillet angenommen hatte, in einem electriche Gegensatz zu Brennstoffe, und wenn sich von einem brennenden Körper mit den aufsteigenden heißen Gasen zugleich positive Electricität erhebt, so geschieht es doch nur in dem Maße, als Brennstoff und Luft noch außerhalb des Herdes der Verbrennung oder vielmehr außerhalb der heißesten Berührungsstellen in irgend leitende Verbindung treten können.